はじめに

高等学校の「地学」は，とても幅広い内容を扱う科目です。固体地球，地質，大気・海洋，惑星，天文と大まかな分野を並べただけでも，よくわかりますね。

みなさんが既に学んだ「地学基礎」は，さまざまな事実について広く知識を得て，それらと人間生活との関係について考える科目でした。「地学」では，観測事実や理論について知ることだけでなく，それらの物理学的・化学的な背景や，研究史を学ぶことも重視されます。内容の幅広さに対応して，必要となる基礎知識も多いといえます。

この「ベーシックレベル地学」は，そんな「地学」を学ぶ最初の一歩として作られた講座です。具体的には，次のような特徴があります。

- 全範囲を扱うが，細分化されているため 1 パートあたりの内容は少ない
- 紹介する単語は特に重要なものに絞られているため，数が少ない
- 演習で具体的な事例や計算例が多く扱われ，内容がイメージしやすい
- 地学に関連する他科目のまとめがある（第 22 講）

できるだけ無理なく学習を進められるようなつくりになっていますので，ゆっくり進めていきましょう。

なお，「地学」の学習は，次のような 3 ステップで進めていくことが大切です。

1. 各単元の理論や時間の流れなど，大まかな背景を理解する
2. （1. にでてきた）重要な単語を覚える
3. 1. を深めるための問題演習や，2. に含まれなかった単語の学習を進める

これらのうち，「ベーシックレベル地学」はおもに 1 と 2 に対応しています。本講座で基礎をしっかりと作り，次のステップにつなげていきましょう。

野津　太一

講座の受け方

受講対象

おもに「地学」を初めて学ぶ人

ただし，「地学基礎」を既に学んだ人

講座の構成

各 PART は「講義」「演習問題」「確認テスト」で構成されています。

- **講義**　基本的な知識や重要事項を学習します。短い動画があります。
- **演習問題**　講義の内容に関連した演習を行います。短い動画があります。
- **確認テスト**　授業で学んだ内容を復習するための問題です。

学習の流れ

- **「講義」前の予習**　基本的に不要です。
- **授業（「講義」）**　「講義」の動画で学びましょう。
- **「演習問題」前の予習**　できる範囲で，演習問題に取り組んでみましょう。
- **授業（「演習問題」）**　「演習問題」の動画で学びましょう。
- **復習**　授業で学んだ内容を，確認テストで復習しましょう。

「講義」の学び方

テキスト本文の一部が選択形式，まとめの一部が穴埋め形式になっています。授業を受けながら書き込んでいき，復習の際にはそこを中心に確認していくとよいでしょう。

「演習問題」の学び方

「講義」の内容に沿った知識の確認の問題もありますが，図やグラフの読み取りを行う問題のほか，計算や作図を行う問題も収録しました。少し時間のかかるものもありますので，理解を深めるために，自分で取り組んでみるとよいでしょう。

「確認テスト」の学び方

「確認テスト」は基本的な重要事項を確認するための問題です。できなかったところは，「講義」や「演習問題」の復習をしてから再挑戦しましょう。

< Note >

目次

前編

第1講 地震波と地球の内部構造
PART1 近地地震の走時曲線
PART2 アイソスタシー
PART3 遠地地震の走時曲線
PART4 地球内部を構成する物質

第2講 重力
PART1 重力
PART2 ジオイドと地球楕円体
PART3 重力補正
PART4 重力異常と地下構造

第3講 熱
PART1 地殻熱流量
PART2 地球内部の熱源

第4講 地磁気
PART1 地磁気の三要素
PART2 地磁気の分布
PART3 地磁気の変化

第5講 プレートテクトニクス
PART1 プレート境界と大地形
PART2 プレートテクトニクスの成立
PART3 プレートとマントルの動き

第6講 地震
PART1 震源の分布
PART2 震源の決定
PART3 発震機構

第7講 火山
PART1 造岩鉱物の性質
PART2 マグマの発生
PART3 マグマの性質の変化
PART4 偏光顕微鏡による鉱物の観察

第8講 造山運動
PART1 地殻変動の測定
PART2 地殻変動と地形
PART3 地殻変動と大陸地殻の形成
PART4 付加体の形成と構造侵食
PART5 変成作用と変成岩
PART6 変成条件の推定

第9講 地表の変化
PART1 風化作用
PART2 さまざまな地形と堆積物

第10講 地質調査と地質図
PART1 走向と傾斜
PART2 ルートマップ
PART3 地質断面図と地質柱状図
PART4 地質図

第11講 地球の歴史
PART1 放射性年代
PART2 全球凍結
PART3 顕生代の特徴的な環境変動
PART4 新生代の環境変動
PART5 ミランコビッチサイクル

後編
第12講 地球表層の熱収支
PART1 シュテファン・ボルツマンの法則
PART2 ウィーンの変位則
PART3 地球の全球熱収支と温室効果
PART4 地球の放射平衡温度

第13講 大気の構造
PART1 大気の組成
PART2 断熱変化と大気の安定性
PART3 雲と降水
PART4 フェーン現象

第14講 大気の運動
PART1 地上天気図と等圧面天気図
PART2 空気塊にはたらく力
PART3 地衡風
PART4 傾度風と地上風
PART5 局地風
PART6 季節風
PART7 熱帯低気圧と台風
PART8 偏西風波動と温帯低気圧
PART9 高気圧

第15講 海洋
PART1 海流
PART2 熱塩循環と海水の鉛直構造
PART3 波
PART4 潮汐

第16講 大気・海洋の変動
PART1 対流圏と成層圏の変動
PART2 大気による物質輸送
PART3 都市とその周辺の大気
PART4 物質循環

第17講 日本列島の今・昔
PART1 現在の日本近海の海洋環境
PART2 現在の日本列島の気象
PART3 日本列島の地質
PART4 新生代の日本列島

第18講 惑星の運動と見え方
PART1 地球の自転と公転
PART2 ケプラーの法則
PART3 天球と太陽の動き
PART4 時刻と暦
PART5 惑星の視運動

第19講 太陽系の天体
PART1 太陽の構造
PART2 太陽の表層
PART3 太陽活動の地球への影響
PART4 太陽系の惑星
PART5 太陽系のさまざまな天体

第20講 恒星
PART1 天体の等級
PART2 恒星のスペクトル型
PART3 HR図
PART4 主系列星の質量と寿命
PART5 太陽質量の恒星の一生
PART6 さまざまな恒星の一生
PART7 星団
PART8 連星

第21講 銀河と宇宙
PART1 銀河系の構造
PART2 銀河系の天体の運動
PART3 さまざまな銀河
PART4 宇宙の距離はしご
PART5 宇宙の階層構造
PART6 ハッブル・ルメートルの法則
PART7 宇宙の誕生と進化

第22講 地学のための基礎知識
PART1 地学のための数学
PART2 地学のための物理
PART3 地学のための化学
PART4 地学のための地理

第 12 講　地球表層の熱収支

PART1 シュテファン・ボルツマンの法則

目標　天体の表面温度と放射エネルギーとの関係について説明できる。

Chapter1　シュテファン・ボルツマンの法則

恒星や惑星などの天体は，表面から電磁波を放射しています。ここでは，その放射の大きさと天体の表面温度との関係について学びましょう。

黒体放射と絶対温度

・黒体

入射する電磁波をまったく反射せず，すべて吸収する物体を**黒体**という。

厳密に黒体である物体は存在しないが，太陽などの恒星はほぼ黒体とみなすことができる。また，惑星の放射も近似的に黒体とみなして計算されることが多い。

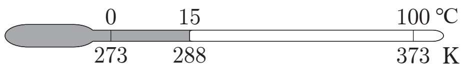
・黒体放射

ある環境に十分長い時間おかれて安定した黒体は，自分自身の温度に応じた電磁波を放射する。この放射を**黒体放射**という。

・絶対温度

気体の分子の運動は，温度が低くなるにつれて穏やかになっていく。理論上その運動が完全に停止すると考えられる温度を**絶対零度**といい，約−273℃である。

絶対温度〔熱力学温度：K（ケルビン）〕は，目盛りの幅を摂氏温度〔セルシウス温度：℃〕と同じにして，絶対零度を 0K とした温度の表し方である。



シュテファン・ボルツマンの法則

・単位表面積からの放射エネルギー

表面の絶対温度が T である黒体の単位表面積から単位時間に放射されるエネルギーを E とする。このとき，E は（T / T の 4 乗）に（比例 / 反比例）して，

$$E = \sigma T^4$$

と表せる〔ただし，σ（シグマ）はシュテファン・ボルツマン定数で，$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\,\mathrm{W/(m^2 \cdot K^4)}$〕。これを**シュテファン・ボルツマンの法則**という。

知ってこう

W（ワット）は仕事率の単位，J（ジュール）は仕事またはエネルギーの単位であり，

1W=1J/s

が成り立ちます。つまり，W は単位時間あたりのエネルギーを表しているといえます。

知ってこう

1879 年，オーストリアのシュテファン（Josef Stefan）は，それまでの研究者が発表した実験結果をもとにして，物体の放射するエネルギーが絶対温度の 4 乗に比例する，という関係式を発表しました。

その後，1884 年にはシュテファンの弟子にあたるボルツマン（Ludwig Boltzmann）が，シュテファンの発表した関係式の理論的な裏付けを示しました。

まとめ

- 物体に対して入射する電磁波をまったく＿＿＿せず，すべて＿＿＿する物体を黒体という。
- 絶対温度は，目盛りの幅を摂氏温度〔℃〕と同じにして，絶対零度〔約＿＿＿℃〕を 0K とした温度の表し方である。
- 黒体の単位表面積から単位時間に放射されるエネルギーは絶対温度の＿＿乗に＿＿＿＿して，これを＿＿＿＿＿＿の法則という。

Chapter2　演習問題

ここでは，シュテファン・ボルツマンの法則について，太陽放射を例として確認しましょう。ただし，以下の「エネルギー」は，すべて単位時間あたりのエネルギーを表すものとします。

問題(1)　太陽定数について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。

地球の大気上端において，太陽放射に（平行 / 垂直）な単位面積の面が受ける太陽放射のエネルギーを太陽定数という。

地球と太陽との距離を r とする。太陽から r だけ離れた地点をすべて集めたものは半径 r の球面であり，その表面積は（$2\pi r$ / πr^2 / $4\pi r^2$ / $\frac{4}{3}\pi r^3$）である。また，この球面上のすべての地点では，太陽と球面上の地点を結ぶ線分と球面が（平行 / 垂直）である。つまり，この球面上のすべての点について，単位面積が受ける太陽放射のエネルギーは太陽定数と等しいといえる。

問題(2)　太陽定数と太陽が放射するエネルギーとの関係について述べた次の文章中の空欄［　**ア**　］に入る式を答えましょう。式には文章中にある文字を用いてください。

太陽から放射された電磁波は空間内のすべての方向に伝わっていき，**問題**(1)で考えた半径 r の球面全体へと同時に到達する。つまり，太陽全体から放射されるエネルギーの総量は，半径 r の球面全体へと到達するエネルギーの総量と等しい。

よって，太陽全体から放射されるエネルギーの総量を L，太陽定数を S_0 とすると，$L=$［　**ア**　］が成り立つ。

問題⑶ 太陽の放射するエネルギーについて述べた次の文章中の空欄［ **イ** ］～［ **エ** ］に入る式を答えましょう。式には文章中にある文字を用いてください。

太陽の表面温度を T とする。シュテファン・ボルツマンの法則により，太陽の単位表面積から放射されるエネルギーは［ **イ** ］である（ただし，σ はシュテファン・ボルツマン定数）。

また，太陽は球体とみなすことができる。太陽の半径を R とすると，太陽の表面積は［ **ウ** ］である。

よって，太陽全体から放射されるエネルギーの総量を L とすると，$L =$［ **エ** ］が成り立つ。

問題⑷ 太陽の表面温度について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。また，空欄［ **オ** ］に入る式を答えましょう。式には文章中にある文字を用いてください。

問題⑵と**問題⑶**において異なる式で表した L は一致する。このことから，$T =$［ **オ** ］と表せることがわかる。

$S_0 = 1.4 \times 10^3$ W/m^2，$\sigma = 5.7 \times 10^{-8}$ W/(m^2・K^4)，$r = 1.5 \times 10^{11}$ m，$R = 7.0 \times 10^8$ m として上から一桁の概数で T の値を求めると，（300K / 600K / 3000K / 6000K）が得られる。

第12講 PART1 確認問題

問 1 黒体とは，入射する電磁波をすべて（ ア ）する物体のことである。太陽などの恒星は，ほぼ黒体とみなすことができる。十分に長い時間，一定の環境に置かれて安定した黒体は，自分自身の（ イ ）に応じた電磁波を放射する。これを黒体放射という。

表面の絶対温度が T〔K〕の黒体の単位表面積から単位時間に放射されるエネルギー E〔J〕について，a シュテファン・ボルツマンの法則が成り立つ。

(1) 空欄ア，イに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ア：反射　イ：温度
② ア：反射　イ：質量
③ ア：吸収　イ：温度
④ ア：吸収　イ：質量

(2) 下線部 a を表す式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，σ は定数とする。

① $E=\frac{\sigma}{T^4}$
② $E=\frac{\sigma}{T}$
③ $E=\sigma T$
④ $E=\sigma T^4$

＜ Note ＞

テキスト解答

第 12 講　地球表層の熱収支

PART1　シュテファン・ボルツマンの法則

問題(1)　垂直，$4\pi r^2$，垂直

問題(2)　ア：$4\pi S_0 r^2$

問題(3)　イ：σT^4　ウ：$4\pi R^2$　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(4)　オ：$\sqrt[4]{\dfrac{S_0 r^2}{\sigma R^2}}$，6000K

PART2　ウィーンの変位則

問題(1)　X：紫外線　Y：可視光線　Z：赤外線

問題(2)　a

問題(3)　ア：288　イ：10　ウ：0.5　エ：6000

λ，反比例

PART3　地球の全球熱収支と温室効果

問題(1)　アルベド

問題(2)　赤外線，９割，赤外線

問題(3)　周囲からエネルギーを受け取る，周囲にエネルギーを放出する

問題(4)　x：50　y：60　z：100

PART4　地球の放射平衡温度

問題(1)　ア：$\pi S_0 R^2$　イ：$\pi S_0(1-A)R^2$

問題(2)　ウ：σT^4　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(3)　$\sqrt[4]{\dfrac{S_0(1-A)}{4\sigma}}$

問題(4)　255K，-18℃

確認問題解答

第 12 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：
入射する電磁波を反射することなく，すべて吸収する物体を黒体という。ある環境に長い時間置かれて安定した黒体は，自身の温度に応じた電磁波を放射する。

(2)　④

解説：
黒体の単位表面積から単位時間に放射されるエネルギーは，黒体表面の絶対温度の 4 乗に比例する。